

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по Отраслевой олимпиаде студентов «Газпром»
профиль «ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ»

Учебное пособие для подготовки к олимпиаде

Второй этап

Под редакцией зам. директора ИНХН, доц. Виноградовой С.С.

Методические рекомендации по подготовке ко второму этапу

ВТОРОЙ ЭТАП олимпиады состоит из трех практических заданий:

- решение задач;
- решение ситуационной задачи;
- тестовое задание по иностранному языку

Практические задания предполагают решение задач по трем базовым предметам профили “Химическая технология”:

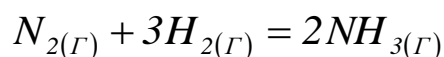
1. **ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ** - фазовые равновесия: равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах; расчет тепловых эффектов физических и химических превращений
2. **ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ** - составление материального баланса химических процессов и оценкой критериев эффективности химических процессов.
3. **ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ** - прикладная гидравлика. гидравлические сети, гидравлическое сопротивление, насосы; разделение неоднородных систем. осаждение, фильтрование; теплообмен. расчёт теплообменников; массообменные процессы (абсорбция, перегонка, экстракция).
4. Ситуационная задача связана с предметом **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ** и включает вопросы:
 - идентификации опасности распознавания и количественная оценка негативных воздействий среды обитания;
 - предупреждения воздействия негативных факторов на человека;
 - защиты от опасности;
 - ликвидации отрицательных последствий воздействия опасных и вредных факторов;
 - создания нормального, то есть комфортного состояния среды обитания человека.
5. **ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК** – основы грамматики, словообразования, профессионально-ориентированная лексика в области материи и ее состояний, физических и химических свойств.

Продолжительность выполнения практического этапа – 3 астрономических часа.

ПРИМЕРЫ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАЧ И РЕШЕНИЙ:

I. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Задача 1. Определить тепловой эффект реакции при стандартных условиях и температуре $T = 298 \text{ К}$.



Решение: Согласно следствию из закона Гесса, тепловой эффект реакции при стандартных условиях равен разности сумм стандартных теплот образования продуктов и исходных веществ:

$$\Delta H_{298}^0 = \left(\sum n_i \cdot \Delta H_{f,i}^0 \right)_{\text{прод}} - \left(\sum n_i \cdot \Delta H_{f,i}^0 \right)_{\text{исх}},$$

где n_i – стехиометрические коэффициенты веществ в уравнении реакции.

Теплотой образования называется изменение энтальпии H в реакции образования одного моля данного вещества из простых веществ при стандартных условиях.

Комиссия Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) по термодинамике (1975 г.) определила в качестве основного стандартного состояния для всех газообразных веществ – чистое вещество в состоянии идеального газа с давлением $P^0 = 1 \text{ атм.}$ при любой фиксированной температуре. Для веществ в конденсированной фазе (твердых и жидких) основное стандартное состояние – это состояние чистого вещества, находящегося под внешним давлением $P^0 = 1 \text{ атм.}$

Простое вещество состоит из атомов одного химического элемента. Например, простыми веществами являются алмаз, графит, уголь, поскольку они состоят из атомов элемента углерода (отличаются по кристаллическому строению и свойствам). Простыми веществами являются кислород O_2 и озон O_3 . При определении теплот образования простые вещества рассматриваются в том агрегатном состоянии и в той кристаллической модификации, в которых они

наиболее устойчивы при стандартных условиях: кислород – в газообразной и молекулярной форме O_2 , углерод – графит и т.д.

Исключением является фосфор: более устойчивой модификацией является красный фосфор (β_{IV} , триклинный), но ввиду того, что он недостаточно изучен, в большинстве справочников в качестве стандартной формы принят белый (α) фосфор.

Теплота образования простых веществ принимается равной нулю.

Для расчета следует воспользоваться справочными данными:

Вещество	$\Delta H_{f,i}^0$, кДж/моль
N_2	0
H_2	0
NH_3	-45,94

$$\Delta H_{r,298}^0 = 2 \cdot \Delta H_{f(NH_3)}^0 - (\Delta H_{f(N_2)}^0 + 3 \cdot \Delta H_{f(H_2)}^0),$$

$$\Delta H_{298}^0 = 2 \cdot (-45,94) - (0 + 3 \cdot 0) = -91,88 \text{ кДж.}$$

Ответ: Тепловой эффект реакции составил -91,88 кДж

Рекомендуемая литература:

1. А.В. Вишняков, Н.Ф. Кизим, Физическая химия, М.: Химия, 2012. – 840 с.
2. П. Эткинс, Дж. де Паула, Физическая химия, М.: Мир, 2007, 494 с.
3. А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко. Физическая химия: Учеб. для хим. спец. вузов, М.: Высшая школа, 2009. - 527 с.
4. Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская, В.П. Барабанов Физическая химия (Учебник для вузов) в 2 томах, 2016, М.: «КДУ».
5. И.В. Кудряшов, П.С. Каретников Сборник примеров и задач по физической химии, М.: Высш. Школа, 1991, 521 с.

II. ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Задача 2. В жидкофазном химическом процессе получают вещество В:



Потери веществ А и С составляют: $P_A = 1,5\%$; $P_C = 3\%$. Содержание основных компонентов в технических веществах (чистота): А – 59%; С – 35%; В – 95%. Плотности веществ А и С: $\rho_A = 1,794 \text{ кг/м}^3$; $\rho_C = 1,7 \text{ кг/м}^3$. $M(A)=30 \text{ г/моль}$; $M(C)=80 \text{ г/моль}$; $M(B)=100 \text{ г/моль}$. Цена исходных реагентов: $C_A = 10 \text{ руб./м}^3$; $C_C = 20 \text{ руб/м}^3$. Рассчитать расходные коэффициенты для веществ А и С на получение 1 тонны вещества В, выраженные в [т/т] и [м³/т] и затраты для получения 1 тонны В.

Решение:

1. Теоретический расходный коэффициент А с учетом чистоты веществ:

$$\gamma_A^T = \frac{M(A) * \nu_A * C_B}{M(B) * \nu_B * C_A} = \frac{30 * 1 * 0,95}{100 * 1 * 0,59} = 0,483 \text{ т/т}$$

2. Т.к. конверсия и селективность процесса по веществу А равны единице, то переходим сразу к расчету расходного коэффициента А с учетом потерь:

$$\gamma_A^{\text{факт}} = \gamma_A^T * \left(1 + \frac{P_A}{100}\right) = 0,483 * \left(1 + \frac{1,5}{100}\right) = 0,49 \text{ т/т}$$

3. Рассчитаем расходный коэффициент А в [м³/т]:

$$\gamma_A^{\text{факт}} = \frac{\gamma_A^{\text{факт}} * 1000}{\rho_A} = \frac{0,49 * 1000}{1,794} = 273,13 \text{ м}^3/\text{т}$$

4. Теоретический расходный коэффициент С с учетом чистоты веществ:

$$\gamma_A^T = \frac{M(C) * \nu_C * C_B}{M(B) * \nu_B * C_C} = \frac{80 * 1 * 0,95}{100 * 1 * 0,35} = 2,171 \text{ т/т}$$

5. Т.к. конверсия и селективность процесса по веществу С равна единице, то переходим сразу к расчету расходного коэффициента С с учетом потерь:

$$\gamma_B^{\text{факт}} = \gamma_B^T * \left(1 + \frac{П_C}{100}\right) = 2,171 * \left(1 + \frac{3}{100}\right) = 2,236 \text{ т/т}$$

6. Рассчитаем расходный коэффициент С в [м³/т]:

$$\gamma_C^{\text{факт}} = \frac{\gamma_C^{\text{факт}} * 1000}{\rho_C} = \frac{2,236 * 1000}{1,7} = 1315,29 \text{ м}^3/\text{т}$$

7. Рассчитаем затраты на получение 1 тонны технического В:

$$З = 273,13 * 10 + 1315,29 * 20 = 29037,1 \text{ руб}$$

Ответ: на получение 1 тонны технического вещества В требуется 0,49 т или 273,13 м³ технического вещества А и 2,236 т или 1315,29 м³ технического вещества С. Затраты составят 29037,1 руб./т В.

Рекомендуемая литература:

1. В. И. Игнатенков, В. С. Бесков. Примеры и задачи по общей химической технологии: Учеб. пособие для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. -198 с.
2. И. И. Беляева, В. А. Трофимов, М. Ю. Тихвинская и др. Сборник задач по химической технологии: Учеб. пособие для студентов хим. и хим. - биол. спец. пед. ин-тов. - М.: Просвещение, 1982. -143 с.

III. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Задача 3. Определить число полок и высоту пылеосадительной камеры полочного типа, в которой происходит отстаивание частиц твердого тела из воздуха. Минимальный размер улавливаемых твердых частиц d , мкм. Средняя температура в камере T , К; давление атмосферное. Расход воздуха \dot{V}_0 , м³/с при нормальных условиях. Размеры камеры: длина L , м, ширина B , м. Расстояние между полками h , м.

Решение:

1. Определяем скорость осаждения для ламинарного режима:

$$w_{oc} = \frac{d^2 \rho_c T g}{18 \mu_c}$$

с последующей проверкой критерия Рейнольдса: $Re = \frac{w_{oc} d}{\mu} \leq 2$

Значения вязкости воздуха от температуры можно взять из справочной

литературы или рассчитать по выражению
$$\mu(T) := \mu_0 \cdot \frac{273 + 124}{T + 124} \cdot \left(\frac{T}{273} \right)^{\frac{3}{2}},$$

где $\mu_0 = 17.3 \cdot 10^{-6}$ Па с

2. Время осаждения частиц в пространстве между полками: $\tau_{oc} = \frac{h}{w_{oc}}$

3. Время пребывания $\tau_A = \frac{V_A}{\dot{V}}$ разделяемой среды в аппарате должно быть

не меньше чем τ_{oc} .

Откуда учитывая что объем аппарата $V_A = LBH = LBh(N + 1)$, определяем число

полок: $N = \frac{\tau_{oc} \dot{V}}{LBh} - 1.$

Результат округляем до целого в большую сторону. При расчете необходимо

учесть изменение расхода воздуха от температуры $\dot{V}(T) = \dot{V}_0 \frac{T}{T_0}$

4. Высота пылесадительной камеры $H = h(N + 1)$

Варианты заданий:

№ задания	Наименование твердых частиц	V, м ³ /с	d, мкм	T, К	L, м	B, м	h, м
1	гипс	10	30	423	4	3	0,1
2	известняк	15	40	373	5	3,5	0,2
3	песок	20	50	323	6	4	0,3
4	кварц	50	100	303	4	3,5	0,4
5	кварц	60	150	293	6	3	0,5
6	кокс	70	75	393	5	3	0,25

Рекомендуемая литература:

Задачник

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии

Теория

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2 кн.
3. Разинов А.И., Клинов А.В., Дьяконов Г.С. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие

IV. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ситуационная задача 4. В цехе длиной $A=47\text{м}$, шириной $B=22\text{м}$ и высотой $H=5,5\text{м}$ установлена общеобменная система вентиляции. В результате повреждения трубопровода по подаче одного из компонентов, необходимых для технологического процесса, произошла аварийная разгерметизация оборудования, и включилась аварийная вентиляция.

Вопросы к ситуационной задаче:

- 1) Какое минимальное значение воздухообмена должна создавать совместная работа общеобменной и аварийной вентиляции в данном случае?
- 2) Когда должна включиться аварийная вентиляция и кто её включает?
- 3) Что показывает кратность воздухообмена и в каких единицах она измеряется?

Решение:

1) Объём цеха составляет $V=A*B*H=47\text{м}*22\text{м}*5,5\text{м}=5687\text{м}^3$.

Т.к. кратность воздухообмена $K=L/V$ при совместной работе аварийной и общеобменной вентиляции должна быть не менее $8\text{ }^1/\text{час}$, то минимальное значение воздухообмена, создаваемого в помещении, рассчитывается по следующей формуле:

$$L=K*V=8^1/\text{час}*5687\text{м}^3=45496\text{ м}^3/\text{час}.$$

Следовательно, минимальная кратность воздухообмена при совместной работе общеобменной и аварийной вентиляции должна быть в данном случае $45496\text{ м}^3/\text{час}$.

2) Аварийная вентиляция должна включаться АВТОМАТИЧЕСКИ при достижении значения ПДК химических веществ в воздухе рабочей зоны или при достижении нижнего концентрационного предела распространения пламени.

3) Кратность воздухообмена показывает, сколько раз в течение часа происходит смена воздуха в помещении. Кратность измеряется в $1/\text{час}$.

Рекомендуемая литература:

1. Титова Г.Н. Сборник производственных ситуаций и деловых игр по курсу «Охрана труда»: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Химия, 2006. – 216с.
2. Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда: Учебное пособие для вузов / Е.В. Глебова. – 2-е издание, переработанное и дополненное – М.: Высшая школа, 2018. – 382с.
3. Мастрюков Б.С. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них. Учебник для вузов / Б.С. Мастрюков. – М.: Академия, 2017. – 320с.
4. Кукин П.П. Основы безопасности жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: Учебное пособие для вузов / П.П. Кукин, Н.Л. Лапин. Н.Л. Пономарёв. – Изд.4-е, перераб. – М.: Высшая школа, 2016. – 335с.
5. Безопасность жизнедеятельности: Учебник / Под ред. Э.А. Арустамова. – М.: Издат. Дом Дашков и К, 2017. – 678с.
6. Каракеян, В.И. Безопасность Жизнедеятельности 2-е изд., пер. и доп. Учебник и Практикум для Академического Бакалавриата / В.И. Каракеян, И.М. Никулина. — Люберцы: Юрайт, 2015. — 330 с.

V. ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК -

Пример теста:

For the following questions, read the text below and decide which answer (A, B, C or D) best fits each gap. There is an example at the beginning (0).

On the Earth, (0) ... **matter** usually exists in solid, liquid and gaseous states. As a rule, at low (1) ... and high pressures, the matter is in a solid state. A (2) ... usually has high temperatures and low pressures. (3) ... are between these extremes.

0. A. life B. matter C. organisms D. substances	1. A. temperatures B. density C. surface tension D. viscosity	2. A. liquid B. gas C. condensate D. plasma	3. A. Plasma B. Gases C. Condensates D. Liquids
--	--	--	--

Рекомендуемая литература:

1. Грамматика английского языка [Текст] = A grammar of the English language : [пособие для студентов педагогических институтов] / В. Л. Каушанская [и др.]; под ред. Е. В. Ивановой. - 6-е изд. - Москва : Айрис-пресс, 2012. - 381 с.....
2. Английский язык для технических направлений [Электронный ресурс] : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по укрупненной группе направлений "Экономика и управление" (квалификация (степень) "бакалавр") / Е. Б. Нарочная, Г. В. Шевцова, Л. Е. Москалец. - Москва : Кнорус, 2015. - 399, [1] с.....
3. Практическая грамматика английского языка с упражнениями и ключами : [учебник] / К. Н. Качалова, Е. Е. Израилевич. - Санкт-Петербург : Базис : КАРО, 2010. - 599, [1] с.